



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 26 733 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 44 F 1/12**  
G 03 H 1/00

⑳ Aktenzeichen: 199 26 733.2  
㉔ Anmeldetag: 11. 6. 1999  
㉕ Offenlegungstag: 14. 12. 2000

**DE 199 26 733 A 1**

⑦① Anmelder:  
HSM Holographic Systems München GmbH, 85652  
Pliening, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,  
80538 München

⑦② Erfinder:  
Dausmann, Günther, 85435 Erding, DE; Yang,  
Zishao, Dr., 85435 Erding, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Holografisches maschinenlesbares Sicherheitsmerkmal

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein holografisches Sicherheitsmerkmal zur Anbringung auf einem Träger, beispielsweise einem Dokument oder einer Plastikkarte, welches im Durchlauf mit hinreichender Geschwindigkeit ausgelesen werden kann und welches auch maschinell ausgelesen werden kann. Dazu wird ein holografischer Streifen verwendet, welcher mindestens eine Folge von nebeneinander angeordneten Einzelhologrammen umfaßt. Die Einzelhologramme sind mit einem Laserstrahl auslesbar, wobei jede Folge von Einzelhologrammen mittels einer Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und dem holografischen Streifen sequentiell auslesbar ist. Bei Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl können dabei entweder virtuelle oder reelle Bilder entstehen. Auf den Einzelhologrammen einer Folge können Bruchstücke von Nutzinformation aufgezeichnet sein, wobei durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die Bruchstücke der Nutzinformation annähernd gleichzeitig darstellbar sind und sich zur Nutzinformation ergänzen.

**DE 199 26 733 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein holografisches Sicherheitsmerkmal, welches auf einen Träger, beispielsweise eine Banknote, eine Urkunde, ein Dokument, ein Wertpapier, eine Plastikkarte oder ein Ticket aufgebracht werden kann. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Sicherheitsmerkmal, das im Durchlauf mit hinreichender Geschwindigkeit aus-  
 5 gelesen werden kann und auch maschinell ausgelesen werden kann.

Mit Hilfe moderner Reproduktionstechniken ist es heute leichter denn je, Dokumente, und auch farbige Dokumente, in einer Art und Weise zu kopieren, daß der Unterschied zwischen Original und Kopie kaum mehr feststellbar ist. Farbscanner und Farbkopierer erzielen hervorragende Auf-  
 10 lösungen, und auch eine farbechte Wiedergabe ist mit Hilfe von Thermosublimationsdruckern und Farblaserdruckern möglich.

Aus diesem Grund ist es notwendig, zusätzliche Sicherheits- und Echtheitsmerkmale auf Trägern wie Banknoten, Ausweisen, Dokumenten, Urkunden, Plastikkarten und Tik-  
 20 kets anzubringen, die sich gar nicht oder nur unter hohem Aufwand fälschen lassen und daher zumindest den für eine Fälschung erforderlichen Aufwand in die Höhe treiben.

Es gibt bereits eine Vielzahl derartiger Sicherheitsmerkmale, zu erwähnen wären etwa Wasserzeichen, Sicherheits-  
 25 fäden, Guilloche-Strukturen und Mikroschriften.

Daneben hat sich inzwischen auch die Verwendung von metallisierten Prägehologrammen durchgesetzt. Derartige Hologramme lassen sich nur mit hohem technischen Auf-  
 30 wand und unter hohen Kosten kopieren. Wenn der Versuch unternommen wird, das Prägehologramm von seinem Träger zu entfernen, gehen sowohl das Prägehologramm als auch der Träger unwiederbringlich kaputt.

Prägehologramme wurden zuerst auf Kreditkarten und Eurochequekarten verwendet. Auch auf Banknoten und auf  
 35 Eintrittskarten sind mittlerweile Prägehologramme zu finden.

Bei großen Kreditinstituten werden Banknoten im Durch-  
 40 lauf auf ihre Echtheit geprüft. Dies geschieht mit hoher Geschwindigkeit, typischerweise sollen mindestens 40 Banknoten pro Sekunde überprüft werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Sicherheitsmerkmal so-  
 wie ein Verfahren zum Auslesen dieses Sicherheitsmerk-  
 45 mals zur Verfügung zu stellen, das zum einen hinreichend komplex ist, um wirksamen Schutz vor Fälschungen zu gewährleisten, und das zum anderen mit hoher Geschwindigkeit im Durchlauf ausgewertet werden kann.

Diese Aufgabe wird durch einen holografischen Streifen  
 50 gelöst, der mindestens eine Folge von nebeneinander angeordneten Einzelhologrammen aufweist, wobei die Einzelhologramme mit einem Laserstrahl auslesbar sind, und wobei jede Folge von Einzelhologrammen mittels einer Relativbe-  
 55 wegung zwischen dem Laserstrahl und dem holografischen Streifen sequentiell auslesbar ist.

Diese Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren  
 zum Auslesen eines holografischen Streifens, welcher min-  
 60 destens eine Folge von nebeneinander angeordneten Einzelhologrammen aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

Beaufschlagen der Einzelhologramme mit einem Laser-  
 strahl, und sequentielles Auslesen jeder Folge von Einzelho-  
 65 logrammen durch Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und dem holografischen Streifen.

Durch Verwendung eines holografischen Streifens mit ei-  
 70 ner ganzen Sequenz von Einzelhologrammen wird eine höhere Komplexität und damit ein verbesserter Schutz gegen Fälschungen erreicht, als dies bei Verwendung eines Einzel-

hologramms der Fall wäre.

Auf einem holografischen Streifen läßt sich eine ganze  
 Abfolge von Einzelhologrammen unterbringen, die im  
 Durchlauf mit hoher Geschwindigkeit auslesbar ist. Dazu  
 5 fährt entweder der Laserstrahl den holografischen Streifen  
 ab, oder aber der Träger des holografischen Streifens wird  
 unter dem Laserstrahl hindurch bewegt. Auf dem Streifen  
 lassen sich auch mehrere Folgen von nebeneinander ange-  
 10 ordneten Einzelhologrammen mit unterschiedlichen Inhalten  
 unterbringen, so daß bei einer derartigen Aufteilung des  
 Streifens in einzelne Teilstreifen die Komplexität des Si-  
 cherheitsmerkmals weiter erhöht werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung  
 entstehen bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme ei-  
 15 ner Folge mit einem Laserstrahl virtuelle Bilder. Dies be-  
 deutet, daß die von dem beaufschlagten Hologramm ausge-  
 gehende Wellenfront der von einem Objekt kommenden Wel-  
 lenfront entspricht, so daß der Eindruck entsteht, man würde  
 das Objekt selbst sehen. Virtuelle Bilder sind daher direkt  
 20 mit dem Auge erfaßbar, und deshalb kann bei dieser Ausge-  
 staltung der Erfindung das Sicherheitsmerkmal direkt visu-  
 ell überprüft werden.

Von Vorteil ist es, die erzeugten virtuellen Bilder mittels  
 einer Optik zu betrachten. Auf diese Weise ist es möglich,  
 25 die virtuellen Bilder hinreichend zu vergrößern, um eine au-  
 genschonende Überprüfung des Sicherheitsmerkmals zu er-  
 möglichen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfin-  
 dung werden die erzeugten virtuellen Bilder mittels eines  
 Sensors, beispielsweise einer CCD-Kamera, erfaßt. CCD-  
 30 Kameras sind sehr preisgünstig geworden und lassen sich  
 auf einfache Weise an einen gängigen PC anschließen, auf  
 dessen Monitor dann das erfaßte Bild dargestellt werden  
 kann. Dadurch ist es möglich, die Kontrolle des Sicherheits-  
 merkmals räumlich getrennt von der Erfassung des Sicher-  
 35 heitsmerkmals durchzuführen.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung wird die CCD-  
 Kamera an ein Bildverarbeitungssystem angeschlossen. Da-  
 mit ist die Auswertung des holografischen Streifens kom-  
 40 plett automatisierbar. Die Erfassung der Bildsequenz ge-  
 schieht durch die CCD-Kamera, die ihre Daten an einen  
 Computer weiterleitet. Dort können die Daten mit Hilfe ei-  
 nes Bildverarbeitungssystems vollautomatisch ausgewertet  
 werden. Dazu überprüft das Bildverarbeitungssystem, ob  
 45 die Abweichung der erfaßten Daten von einem Musterda-  
 tensatz innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt  
 oder nicht. Durch den Einsatz eines Bildverarbeitungssy-  
 stems läßt sich eine schnelle, vollautomatische Echtheits-  
 prüfung von Banknoten, Tickets, etc. im Durchlauf durch-  
 50 führen. Mit einem derartigen System ist es möglich, eine  
 sehr hohe Zahl von Echtheitsprüfungen pro Sekunde durch-  
 zuführen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Er-  
 findung entstehen bei der Beaufschlagung der Einzelho-  
 55 logramme einer Folge mit einem Laserstrahl reelle Bilder. Die  
 so erzeugten reellen Bilder lassen sich auf einer Mattscheibe  
 auffangen. Auf diese Weise läßt sich die in den Einzelho-  
 logrammen gespeicherte Bildfolge hinreichend gut darstellen,  
 um eine bequeme und kostengünstige Überprüfung zu er-  
 60 möglichen. Insbesondere kann bei dieser Lösung auf den  
 Einsatz von CCD-Kamera und PC verzichtet werden kann.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor,  
 auf den Einzelhologrammen einer Folge Bruchstücke von  
 Nutzinformation aufzuzeichnen, wobei durch hinreichend  
 65 schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelho-  
 logrammen die Bruchstücke der Nutzinformation annähernd  
 gleichzeitig darstellbar sind und die Bruchstücke der Nutz-  
 information sich zur Nutzinformation ergänzen.

Die Nutzinformation kann beispielsweise ein Text, ein Schriftzug oder ein Emblem sein. Auf den Einzelhologrammen einer Folge sind lediglich Bruchstücke der Nutzinformation gespeichert, also beispielsweise Teile von Buchstaben oder Fragmente eines Schriftzugs. Daher kann durch Auslesen eines Einzelhologramms die Nutzinformation nicht rekonstruiert werden. Erst wenn die einzelnen Bruchstücke sich überlagern, was durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen geschieht, wird die Nutzinformation wieder erhalten.

Es handelt sich hierbei um ein schwer zu fälschendes Sicherheitsmerkmal, weil sich die Nutzinformation erst aus der Überlagerung der Bruchstücke ergibt. Es müssen also alle Einzelhologramme mit den auf ihnen enthaltenen Bruchstücken exakt gefälscht werden, damit sich durch Überlagerung der Bruchstücke der Text oder der Schriftzug ergibt. Der sich aus der Überlagerung der Bruchstücke ergebende Text bzw. Schriftzug erleichtert eine schnelle Kontrolle des Sicherheitsmerkmals und ist insbesondere für eine Echtheitsprüfung im Durchlauf geeignet. Vorteilhaft ist es auch, den sich ergebenden Schriftzug mit einer CCD-Kamera zu erfassen und mit Hilfe einer Bildverarbeitungssoftware zu überprüfen, ob sich die bekannte Nutzinformation ergibt. Aus diesem Grund ist diese Ausführungsform insbesondere für die automatisierte Echtheitsprüfung, zum Beispiel von Banknoten oder Tickets, im Durchlauf geeignet.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind auf den Einzelhologrammen einer Folge verschiedene Pixel eines Fotos oder einer Grafik aufgezeichnet, wobei durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die verschiedenen Pixel annähernd gleichzeitig darstellbar sind und sich zu dem Foto oder der Grafik ergänzen. Auch bei dieser Ausführungsform stellt der holografische Streifen ein nur unter hohem Aufwand kopierbares Sicherheitsmerkmal dar, das sich insbesondere für eine Echtheitsprüfung im Durchlauf eignet. Erst durch Überlagerung der auf den einzelnen Hologrammen aufgezeichneten Pixel beim schnellen sequentiellen Auslesen wird das Foto oder die Grafik rekonstruiert. Dabei weisen die einzelnen Pixel verschiedene Helligkeitsstufen auf, so daß es für die korrekte Rekonstruktion des Fotos bzw. der Grafik auch einer richtigen Wiedergabe dieser Helligkeitsstufen bedarf.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge die Einzelbilder einer Filmsequenz aufgezeichnet sind, wobei durch sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die Filmsequenz darstellbar ist. Auf den Einzelhologrammen einer Folge ist ein Kurzfilm aufgezeichnet, der bei der Überprüfung im Durchlauf abläuft. Auch hier handelt es sich um ein komplexes Sicherheitsmerkmal, dessen Nachahmung hohen Aufwand erfordert. Dabei wird insbesondere ausgenutzt, daß auch geringe Unstimmigkeiten bei einem Bewegungsablauf leicht erkennbar sind, und zwar unabhängig davon, ob die Kontrolle visuell oder mittels einer CCD-Kamera durchgeführt wird.

Vorteilhaft ist es, den holografischen Streifen als Prägehologramm auf den jeweiligen Träger, beispielsweise auf Banknoten, Urkunden, Dokumente, Wertpapiere, Plastikkarten oder Tickets, aufzubringen. Prägehologramme sind kostengünstig in großen Stückzahlen herstellbar, weil die Hologramme durch Prägestempel auf PVC oder Polyesterfolie übertragen werden können. Die Prägestempel werden ausgehend von einem Masterhologramm angefertigt. Derartige Prägehologramme sind Reflexionshologramme, d. h. sie werden durch Licht von der Betrachterseite her rekonstruiert. Insbesondere bei der Verwendung von Heißpräge-

folien ergibt sich eine innige Verbindung mit dem Trägermaterial, was dazu führt, daß jeder Versuch der Ablösung des Hologramms von seinem Träger unweigerlich zur Beschädigung sowohl des Hologramms als auch des Trägers führt. Dadurch kann sichergestellt werden, daß der holografische Streifen nicht von dem jeweiligen Träger abgelöst werden kann.

Es ist von Vorteil, als Einzelhologramme mehrfach belichtete Hologramme vorzusehen, um die Komplexität des Sicherheitsmerkmals weiter zu erhöhen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Einzelhologramme einer Folge doppelbelichtete Hologramme, wobei die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl unter einem ersten Einstrahlwinkel und mit einem ersten Objektstrahl erfolgt, und wobei die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl unter einem zweiten Einstrahlwinkel und mit einem zweiten Objektstrahl erfolgt, und wobei der erste Objektstrahl im Unterschied zum zweiten Objektstrahl durch ein die Nutzinformation enthaltendes Phasenobjekt geführt ist. Es wird also eine Doppelbelichtung jedes Einzelhologramms durchgeführt, und zwar einmal mit und einmal ohne Phasenobjekt. Jede der zwei Belichtungen erfolgt mit einem anderen Referenzlaserstrahl.

Beim Auslesen der doppelbelichteten Einzelhologramme wird jedes Einzelhologramm mit dem ersten Referenzlaserstrahl unter dem ersten Einstrahlwinkel und mit dem zweiten Referenzlaserstrahl unter dem zweiten Einstrahlwinkel beaufschlagt. Der erste Referenzlaserstrahl rekonstruiert den ersten Objektstrahl, dem die Information als Phasenmodulation aufgeprägt ist. Der zweite Referenzlaserstrahl rekonstruiert den zweiten Objektstrahl, der nicht phasenmoduliert ist. Zwischen beiden so erzeugten Objektstrahlen kommt es zur Interferenz, und dadurch wird die dem ersten Objektstrahl aufgeprägte Phaseninformation als Amplitudenmodulation sichtbar.

Durch die Doppelbelichtung jedes Einzelhologramms wurde gewissermaßen ein "integriertes holografisches Interferometer" realisiert. Wichtig ist, daß es erst durch die Interferenz des ersten und des zweiten Objektstrahls zu einer Amplitudenmodulation kommt. Wenn die Einzelhologramme nur mit dem ersten Referenzstrahl oder nur mit dem zweiten Referenzstrahl beaufschlagt werden, so ist in dem rekonstruierten Objektstrahl bestenfalls eine Phasenmodulation enthalten, die als solche noch nicht direkt sichtbar ist. Zur Rekonstruktion des Bildes sind also tatsächlich zwei Referenzlaserstrahlen erforderlich.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Einzelhologramme eine Folge doppelbelichteter Hologramme, wobei die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl und einem ersten Objektstrahl einer ersten Lichtwellenlänge erfolgt, wobei die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl und einem zweiten Objektstrahl einer zweiten Lichtwellenlänge erfolgt, und wobei der erste Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem ersten Einstrahlwinkel und der zweite Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem zweiten Einstrahlwinkel beaufschlagt.

Bei dieser Lösung werden die beiden Belichtungen jedes Einzelhologramms mit verschiedenen Laserwellenlängen durchgeführt. Um die Aufzeichnung korrekt rekonstruieren zu können, müssen nicht nur die Winkel bekannt sein, unter denen der erste und der zweite Referenzlaserstrahl die Einzelhologramme beaufschlagen, sondern es müssen auch die beiden Wellenlängen der Laser bekannt sein. Falls für die Rekonstruktion andere Wellenlängen verwendet werden als bei der Belichtung, so ergeben sich falsche Größenverhält-

nisse bei den rekonstruierten Bildern.

Vorteilhaft ist es, wenn der holografische Streifen zusätzlich Mikroschrift aufweist. Beispielsweise kann in einem metallisierten Prägehologramm eine ausgestanzte Mikroschrift vorgesehen sein. Die Mikroschrift ist mit bloßem Auge erkennbar, kann aber auch mit einer CCD-Kamera überprüft werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Lösung ist der holografische Streifen zusätzlich mit metallisierten Guilloche-Strukturen versehen. Grundsätzlich gilt, daß die Kombination von mehreren Sicherheitsmerkmalen Fälschungen weiter erschwert und verteuert und somit die Fälschungssicherheit zu steigern vermag.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand mehrerer in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Auslesevorgang bei einem aus zwei Teilstreifen bestehend holografischen Streifen, wobei bei hinreichend schnellem Auslesen des oberen Teilstreifens die Buchstabenfolge "OK" sichtbar wird,

Fig. 2 die Anbringung des erfindungsgemäßen holografischen Streifens auf einer Banknote,

Fig. 3 die Aufzeichnung der virtuellen Bilder der Einzelhologramme mittels einer CCD-Kamera, die an ein Bildverarbeitungssystem angeschlossen ist,

Fig. 4 den Auslesevorgang bei einem aus mehreren Teilstreifen bestehenden holografischen Streifen, wobei bei hinreichend schnellem Auslesen ein Foto oder eine Grafik rekonstruiert wird,

Fig. 5 das Auslesen eines Teilstreifens, der eine Filmsequenz enthält,

Fig. 6A die erste Belichtung eines doppelbelichteten Einzelhologrammes, bei der der Objektstrahl keine Phasenmodulation aufweist,

Fig. 6B die zweite Belichtung eines Einzelhologrammes, bei der der Objektstrahl durch ein Phasenobjekt geführt ist, das eine Phasenmodulation bewirkt,

Fig. 7 die Rekonstruktion sowohl des phasenmodulierten als auch des nicht phasenmodulierten Objektstrahls durch die beiden Referenzstrahlen,

Fig. 8A das Interferenzbild des phasenmodulierten und des nicht phasenmodulierten Objektstrahls, wie es auf einer Mattscheibe aufgefangen werden kann, die einen Tilt relativ zur Hologrammebene aufweist,

Fig. 8B das Interferenzbild des phasenmodulierten und des nicht phasenmodulierten Objektstrahls, wie es auf einer Mattscheibe aufgefangen werden kann, die zur Hologrammebene parallel ist.

In Fig. 1 ist dargestellt, wie ein erfindungsgemäßer holografischer Streifen 1 ausgelesen wird. Der dargestellte holografische Streifen 1 besteht aus zwei Teilstreifen 2 und 3, wobei jeder Teilstreifen eine Folge von nebeneinander angeordneten Einzelhologrammen 4, 5, aufweist. Die obere Folge von Einzelhologrammen wird durch den Laserstrahl 6 ausgelesen, während der untere Teilstreifen 3 durch den Laserstrahl 7 ausgelesen wird. Das Auslesen der beiden Teilstreifen kann entweder hintereinander oder simultan erfolgen.

Wenn der Laserstrahl 6 eines der Einzelhologramme des oberen Teilstreifens beaufschlagt, wird das in diesem Einzelhologramm aufgezeichnete virtuelle und/oder reelle Bild rekonstruiert. Bei der in Fig. 1 gezeichneten Situation wird das reelle Bild 8 des gerade beaufschlagten Einzelhologramms auf der Mattscheibe 9 aufgefangen und somit sichtbar gemacht. Das reelle Bild 8 stellt ein Bruchstück des Buchstabens "O" dar. Um einen gesamten Teilstreifen und die darin enthaltene Folge von Einzelhologrammen auszulesen, muß der Laserstrahl relativ zum holografischen Streifen

bewegt werden. Die Relativgeschwindigkeit zwischen dem holografischen Streifen und dem Auslese-Laserstrahl 6 ist durch den Pfeil 10 veranschaulicht. Man kann also entweder den Ausweis, die Banknote, das Ticket etc. festhalten und den Laser, etwa mittels eines geeigneten Ablenkspiegels oder mittels eines Servovorschubs, entlang des holografischen Streifens führen, oder man kann bei stationärem Laserstrahl die holografischen Streifen von Banknoten, Ticket, etc. im Durchlauf auslesen. Dazu werden die Banknoten, Tickets etc. mit vorgegebener Geschwindigkeit an dem Laserstrahl vorbeigeführt, was eine hohe Geschwindigkeit bei der Echtheitsprüfung erlaubt (beispielsweise sind mehr als 40 Banknoten pro Sekunde auf diese Weise überprüfbar).

Bei der in Fig. 1 gezeigten Lösung enthält jedes Einzelhologramm ein reelles Bild von einem Bruchstück eines Buchstabens. Erst wenn die Einzelhologramme hinreichend schnell hintereinander ausgelesen werden und somit die verschiedenen Bruchstücke von Buchstaben annähernd gleichzeitig dargestellt werden, ergibt sich die Buchstabenkombination "OK". Erst durch Auslesen des gesamten Teilstreifens 2 läßt sich also die in diesem Streifen kodierte Nutzinformation ermitteln.

Fig. 2 stellt dar, wie der erfindungsgemäße holografische Streifen 12 als Sicherheitsmerkmal auf einer Banknote 11 angebracht werden kann. Dabei ist der holografische Streifen 12 als Prägehologramm ausgeführt, welches sich mit Hilfe eines Prägestempels kostengünstig in hohen Stückzahlen herstellen läßt. Der holografische Streifen 12 kann einen oder mehrere Teilstreifen aufweisen, desweiteren kann er Schriftzüge in Mikroschrift oder metallisierte Guilloche-Strukturen als weitere Sicherheitsmerkmale aufweisen.

In Fig. 3 ist gezeigt, wie derartige Guilloche-Strukturen 13 an dem holografischen Streifen 14 angebracht sein können. Außerdem ist gezeigt, wie der untere Teilstreifen 15 durch den Laserstrahl 16 ausgelesen wird. Im Unterschied zu der in Fig. 1 gezeigten Lösung werden in Fig. 3 die entstehenden virtuellen Bilder ausgewertet. Von einem virtuellen Bild geht eine divergierende Wellenfront aus, die der Wellenfront eines tatsächlichen Objekts entspricht. Deshalb kann ein virtuelles Bild mit Hilfe einer Optik 17 und einer CCD-Kamera 18 aufgenommen werden.

Wenn das von der CCD-Kamera 18 aufgenommene Bild einem Bildverarbeitungssystem 19 zugeführt wird, so kann eine Automatisierung des Auslesevorgangs erreicht werden. Die Bildverarbeitung vergleicht das aufgenommene Bild mit einem gespeicherten Referenzbild und stellt fest, ob das aufgenommene Bild innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt. Auf dem Monitor 20 kann das aufgenommene Bild sowie die Abweichung vom Referenzbild dargestellt werden.

Im unteren Teilstreifen 21 des in Fig. 4 gezeigten holografischen Streifens ist eine Folge von Einzelhologrammen enthalten, auf denen jeweils verschiedene Pixel eines Fotos oder einer Grafik aufgezeichnet sind. Wenn eines dieser Einzelhologramme durch den Laserstrahl 22 beleuchtet wird, so wird ein Bild des aufgezeichneten Pixels erzeugt. Beispielsweise wird in Fig. 4 gerade ein reelles Bild 23 des aufgezeichneten Pixels erzeugt, welches auf einer Mattscheibe aufgefangen werden kann. Wenn die im Teilstreifen 21 enthaltene Folge von Einzelhologrammen schnell hintereinander ausgelesen wird, so erscheinen die verschiedenen Pixel annähernd gleichzeitig auf der Mattscheibe und ergänzen sich zu dem Foto oder der Grafik. Dabei sind auch die Helligkeitswerte der verschiedenen Pixel von Bedeutung. Das in Fig. 4 vorgestellte Sicherheitsmerkmal kann sehr schnell im Durchlauf überprüft werden, es ist auch einer Auswertung mittels Bildverarbeitung zugänglich und kann deshalb auch automatisiert ausgewertet werden.

Bei dem in Fig. 5 gezeigten holografischen Streifen 25 werden die beiden Teilstreifen 26 und 27 von den beiden Laserstrahlen 28 und 29 simultan ausgelesen. Aus den Einzelhologrammen des unteren Streifen 27 können mit Hilfe des Auslese-Laserstrahls 28 die Einzelbilder einer Filmsequenz erzeugt werden. Das jeweils erzeugte reelle Einzelbild kann auf der Mattscheibe 30 aufgefangen und dargestellt werden. Durch sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen im Teilstreifen 27 ist dann die ganze in diesem Teilstreifen enthaltene Filmsequenz darstellbar. Beispielsweise ist in Fig. 5 eine sich im Wind bewegende Fahne 31 dargestellt. Generell gilt, daß alle möglichen Arten von Kurzfilmen als Sicherheitsmerkmal in Frage kommen, sofern sich der Bewegungsablauf hinreichend leicht erfassen läßt. Die Geschwindigkeit, mit der die Filmsequenz dargestellt wird, wird dabei von der Relativgeschwindigkeit 32 zwischen dem holografischen Streifen 25 und dem Laserstrahl 28 bestimmt.

Durch Mehrfachbelichtung der Einzelhologramme einer Folge kann die Fälschungssicherheit weiter erhöht werden. In den Fig. 6A und 6B ist eine spezielle Art der Doppelbelichtung von Einzelhologrammen gezeigt. Die erste Belichtung des holografischen Films 33 ist in Fig. 6A dargestellt. Der erste Referenzlaserstrahl 34 trifft unter einem ersten Einstrahlwinkel auf den holografischen Film 33. Von der anderen Seite her beaufschlagt der Objektstrahl 35 den holografischen Film 33 und interferiert mit dem Referenzlaserstrahl 34. Das Interferenzbild wird als erste Belichtung auf dem holografischen Film 33 aufgezeichnet.

Bei der gewählten Aufnahmegeometrie treffen Referenz- und Objektstrahl von entgegengesetzten Seiten auf den holografischen Film. Ein derart aufgenommenes Hologramm kann nach seiner Entwicklung durch einen von der Betrachterseite her einfallenden Lichtstrahl rekonstruiert werden, es handelt sich also um ein Reflexionshologramm.

Nachdem der holografische Film 33 entsprechend Fig. 6A belichtet worden ist, wird er noch einer zweiten Belichtung gemäß Fig. 6B ausgesetzt. Die zweite Belichtung erfolgt mit einem zweiten Referenzlaserstrahl unter einem zweiten Einstrahlwinkel, der vom ersten Einstrahlwinkel verschieden ist. Um den Objektstrahl zu erhalten, durchläuft eine ebene Wellenfront 37 ein Phasenobjekt 38, und es entsteht der Objektstrahl 39, der eine Phasenmodulation aufweist. In dieser Phasenmodulation ist die Nutzinformation enthalten, die beispielsweise ein Text, ein Emblem oder ein Schriftzug sein kann. Die Objektwelle 39 und der zweite Referenzlaserstrahl 36 erzeugen ein Interferenzbild, das während der zweiten Belichtung auf dem holografischen Film 33 aufgezeichnet wird.

In Fig. 7 ist dargestellt, wie das doppelbelichtete Hologramm rekonstruiert werden kann. Wenn man das entwickelte Hologramm 33 mit dem zweiten Referenzlaserstrahl 36 unter dem zweiten Einstrahlwinkel beaufschlagt, so wird die phasenmodulierte Welle rekonstruiert. Phasenmodulationen sind aber für das Auge unsichtbar.

Um die Phaseninformation sichtbar zu machen, muß das Hologramm 33 zugleich mit dem ersten Referenzlaserstrahl 34 unter dem ersten Einstrahlwinkel und mit dem zweiten Referenzlaserstrahl 36 unter dem zweiten Einstrahlwinkel beaufschlagt werden. Der erste Referenzlaserstrahl 34 rekonstruiert eine ebene Objektwelle ohne Phasenmodulation. Der zweite Referenzlaserstrahl 36 rekonstruiert eine Objektwelle, der eine Nutzinformation als Phasenmodulation aufgeprägt ist. Zwischen den beiden rekonstruierten Wellenfronten kommt es zur Interferenz, und durch diese Interferenz wird die unsichtbare Phasenmodulation in eine sichtbare Amplitudenmodulation umgewandelt. Diese Amplitudenmodulation wird auf der Mattscheibe 40 sichtbar. Je

nachdem, ob die Mattscheibe einen gewissen Neigungswinkel (Tilt) relativ zu den interferierenden Wellenfronten aufweist oder nicht, entsteht entweder das in Fig. 8A oder das in Fig. 8B dargestellte Mattscheibenbild.

Ein sichtbares Mattscheibenbild entsteht nur, wenn die von dem zweiten Referenzlaserstrahl rekonstruierte phasenmodulierte Objektwelle mit der von dem ersten Referenzlaserstrahl rekonstruierten ungestörten Welle überlagert wird. Insofern wirkt das doppelbelichtete Hologramm 33 als "integriertes holografisches Interferometer": wie bei einem Interferometer wird die Interferenz zwischen einer gestörten Welle und einer ebenen Wellenfront sichtbar gemacht.

Wichtig für die Anwendung der beschriebenen Doppelbelichtungstechnik als Sicherheitsmerkmal ist, daß die Nutzinformation weder durch den ersten Referenzlaserstrahl 34 allein noch durch den zweiten Referenzlaserstrahl 36 allein erhalten werden kann. Nur wenn beide Referenzlaserstrahlen unter den jeweils richtigen Einstrahlwinkeln den holografischen Film beaufschlagen, kann die gespeicherte Nutzinformation erhalten werden.

Insofern eignet sich diese Doppelbelichtungstechnik gut zur Verwendung mit dem erfindungsgemäßen holografischen Streifen. Jedes der Einzelhologramme wird entsprechend der dargestellten Doppelbelichtungstechnik belichtet, und ein sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen ist nur bei Verwendung beider Referenzstrahlen möglich.

Bei einer zweiten Doppelbelichtungstechnik, die sich ebenfalls für die Anwendung zusammen mit dem erfindungsgemäßen holografischen Streifen eignet, werden die beiden Belichtungen jeweils mit verschiedenen Lichtwellenlängen durchgeführt. Dies bedeutet, daß die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl und einem ersten Objektstrahl einer ersten Lichtwellenlänge erfolgt, während die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl und einem zweiten Objektstrahl einer zweiten Lichtwellenlänge erfolgt. Dabei beaufschlagt der erste Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem ersten Einstrahlwinkel und der zweite Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem zweiten Einstrahlwinkel. Wenn der Versuch unternommen wird, das erste bzw. das zweite aufgenommene Objekt mit einer Lichtwellenlänge zu rekonstruieren, die nicht der Aufnahmewellenlänge entspricht, so wird zwar ein Bild rekonstruiert, jedoch mit falschen Dimensionen und Größenverhältnissen.

Bei der Aufzeichnung eines Hologramms zur Verwendung als Sicherheitsmerkmal gilt grundsätzlich, daß das aufgezeichnete Objekt gegenüber der Ebene des Prägehologramms in die Tiefe versetzt sein sollte, denn dadurch ist das gespeicherte Objekt bei einer Betrachtung unter Weißlicht nicht erkennbar.

#### Patentansprüche

1. Holografischer Streifen, welcher mindestens eine Folge von nebeneinander angeordneten Einzelhologrammen umfaßt, wobei die Einzelhologramme mit einem Laserstrahl auslesbar sind, und wobei jede Folge von Einzelhologrammen mittels einer Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und dem holografischen Streifen sequentiell auslesbar ist.
2. Holografischer Streifen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl virtuelle Bilder entstehen.
3. Holografischer Streifen nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Beaufschlagung der

Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl erzeugten virtuellen Bilder mittels einer Optik betrachtbar sind.

4. Holografischer Streifen nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl erzeugten virtuellen Bilder mittels eines Sensors oder einer Kamera erfassbar sind.

5. Holografischer Streifen nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera an ein Bildverarbeitungssystem angeschlossen ist.

6. Holografischer Streifen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl reelle Bilder entstehen.

7. Holografischer Streifen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl erzeugten reellen Bilder auf einer Mattscheibe darstellbar sind.

8. Holografischer Streifen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge Bruchstücke von Nutzinformation aufgezeichnet sind, wobei durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die Bruchstücke der Nutzinformation annähernd gleichzeitig darstellbar sind und die Bruchstücke der Nutzinformation sich zur Nutzinformation ergänzen.

9. Holografischer Streifen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge verschiedene Pixel eines Fotos oder einer Grafik aufgezeichnet sind, wobei durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die verschiedenen Pixel annähernd gleichzeitig darstellbar sind und sich zu dem Foto oder der Grafik ergänzen.

10. Holografischer Streifen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge die Einzelbilder einer Filmsequenz aufgezeichnet sind, wobei durch sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die Filmsequenz darstellbar ist.

11. Holografischer Streifen nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der holografische Streifen als Sicherheitsmerkmal auf einem Träger, beispielsweise einer Banknote, einer Urkunde, einem Dokument, einem Wertpapier, einer Plastikkarte oder einem Ticket, angebracht ist.

12. Holografischer Streifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der holografische Streifen ein Prägehologramm ist.

13. Holografischer Streifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelhologramme einer Folge mehrfachbelichtete Hologramme sind.

14. Holografischer Streifen nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelhologramme einer Folge doppelbelichtete Hologramme sind, wobei die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl unter einem ersten Einstrahlwinkel und mit einem ersten Objektstrahl erfolgt, und wobei die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl unter einem zweiten Einstrahlwinkel und mit einem zweiten Objektstrahl erfolgt, und wobei der erste Objektstrahl im Unterschied zum zweiten Objektstrahl durch ein die Nutzinformation enthaltendes Phasenobjekt geführt ist.

15. Holografischer Streifen nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelhologramme einer Folge doppelbelichtete Hologramme sind, wobei die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl und einem ersten Objektstrahl einer ersten Lichtwellenlänge erfolgt, wobei die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl und einem zweiten Objektstrahl einer zweiten Lichtwellenlänge erfolgt, und wobei der erste Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem ersten Einstrahlwinkel und der zweite Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem zweiten Einstrahlwinkel beaufschlägt.

16. Holografischer Streifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der holografische Streifen zusätzlich Mikroschrift aufweist.

17. Holografischer Streifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der holografische Streifen zusätzlich mit metallisierten Guilloche-Strukturen versehen ist.

18. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens, welcher mindestens eine Folge von nebeneinander angeordneten Einzelhologrammen aufweist, welches die folgenden Schritte umfaßt:

- a) Beaufschlagen der Einzelhologramme mit einem Laserstrahl,
- b) sequentielles Auslesen jeder Folge von Einzelhologrammen durch Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und dem holografischen Streifen.

19. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl virtuelle Bilder erzeugt werden.

20. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl erzeugten virtuellen Bilder mittels einer Optik betrachtet werden.

21. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl erzeugten virtuellen Bilder mittels eines Sensors oder einer Kamera erfaßt werden.

22. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera an ein Bildverarbeitungssystem angeschlossen ist.

23. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl reelle Bilder erzeugt werden.

24. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Beaufschlagung der Einzelhologramme einer Folge mit einem Laserstrahl erzeugten reellen Bilder auf einer Mattscheibe dargestellt werden.

25. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge Bruchstücke von Nutzinformation aufgezeichnet sind, wobei durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die Bruchstücke der Nutzinformation annähernd gleichzei-

tig dargestellt werden und die Bruchstücke der Nutzinformation sich zur Nutzinformation ergänzen.

26. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge verschiedene Pixel eines Fotos oder einer Grafik aufgezeichnet sind, wobei durch hinreichend schnelles sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die verschiedenen Pixel annähernd gleichzeitig dargestellt werden und sich zu dem Foto oder der Grafik ergänzen.

27. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einzelhologrammen einer Folge die Einzelbilder einer Filmsequenz aufgezeichnet sind, wobei durch sequentielles Auslesen der Folge von Einzelhologrammen die Filmsequenz dargestellt wird.

28. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach einem der Ansprüche 18 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelhologramme einer Folge mehrfachbelichtete Hologramme sind.

29. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelhologramme eine Folge doppelbelichteter Hologramme sind, wobei die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl unter einem ersten Einstrahlwinkel und mit einem ersten Objektstrahl erfolgt, und wobei die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl unter einem zweiten Einstrahlwinkel und mit einem zweiten Objektstrahl erfolgt, und wobei der erste Objektstrahl im Unterschied zum zweiten Objektstrahl durch ein die Nutzinformation enthaltendes Phasenobjekt geführt ist.

30. Verfahren zum Auslesen eines holografischen Streifens nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelhologramme eine Folge doppelbelichteter Hologramme sind, wobei die erste Belichtung mit einem ersten Referenzlaserstrahl und einem ersten Objektstrahl einer ersten Lichtwellenlänge erfolgt, wobei die zweite Belichtung mit einem zweiten Referenzlaserstrahl und einem zweiten Objektstrahl einer zweiten Lichtwellenlänge erfolgt, und wobei der erste Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem ersten Einstrahlwinkel und der zweite Referenzlaserstrahl das zu belichtende Einzelhologramm unter einem zweiten Einstrahlwinkel beaufschlagt.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

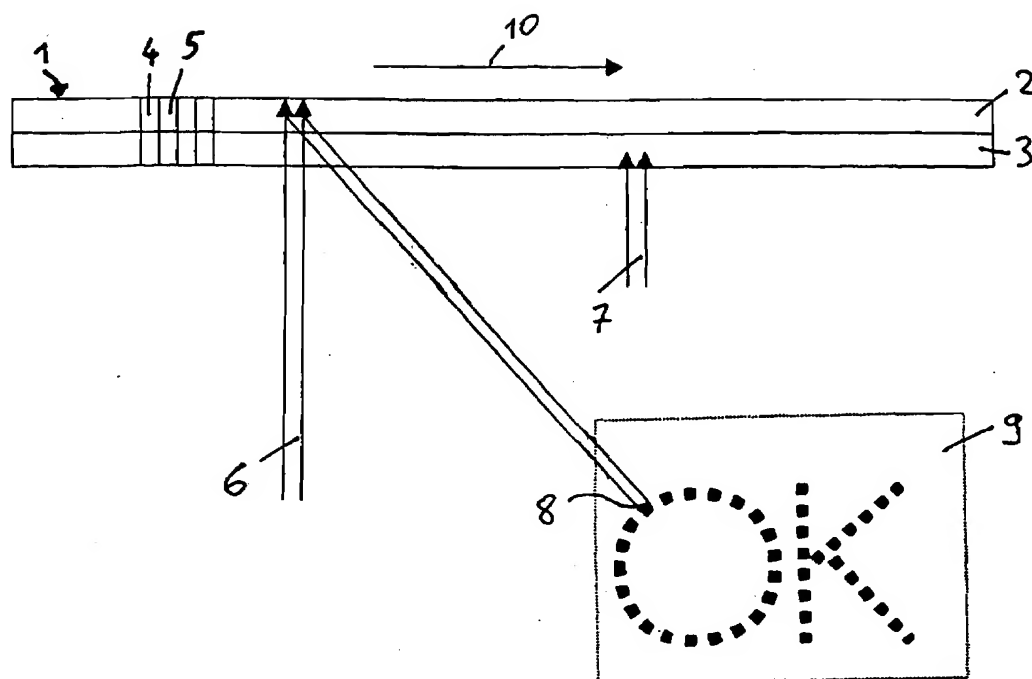


Fig. 1



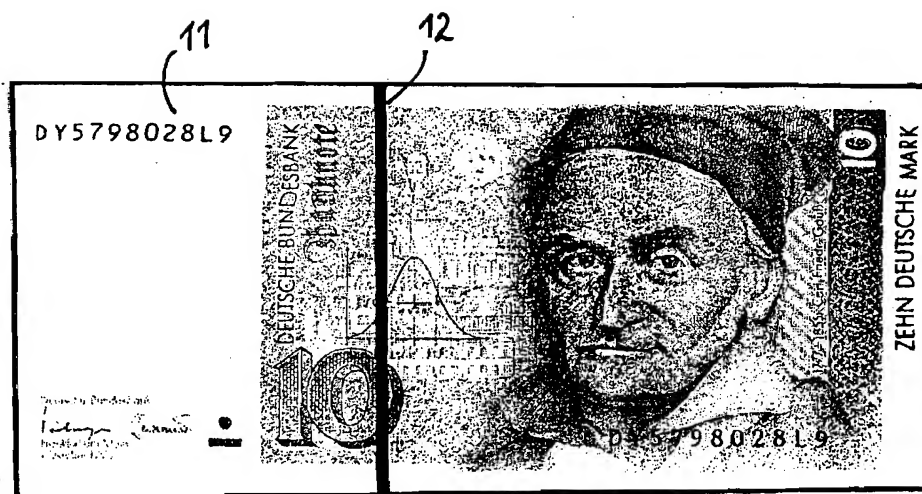


Fig. 2

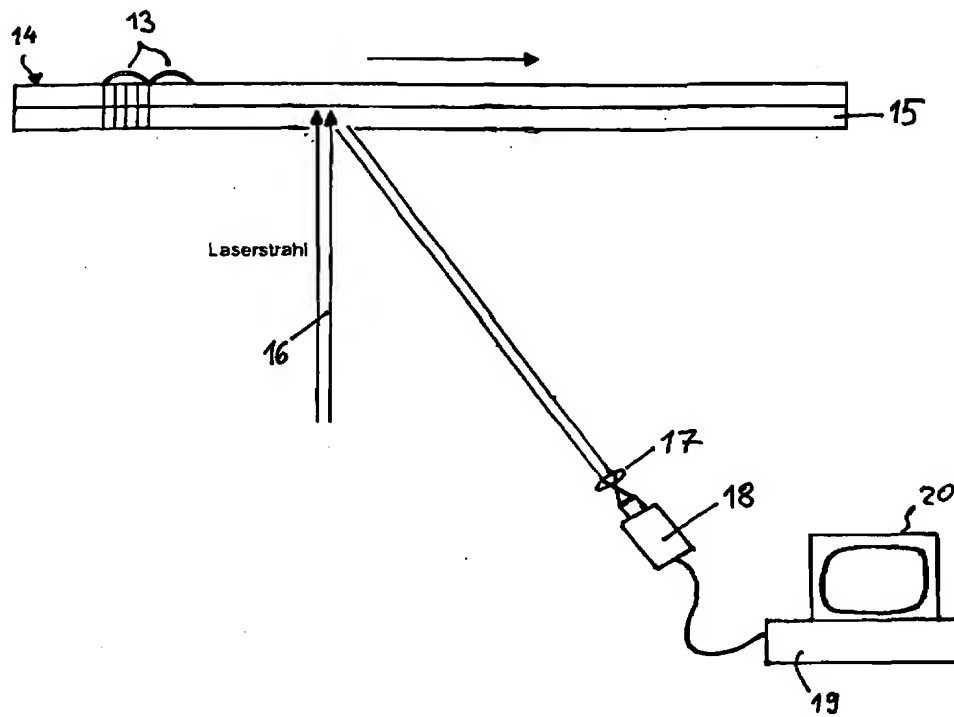


Fig. 3

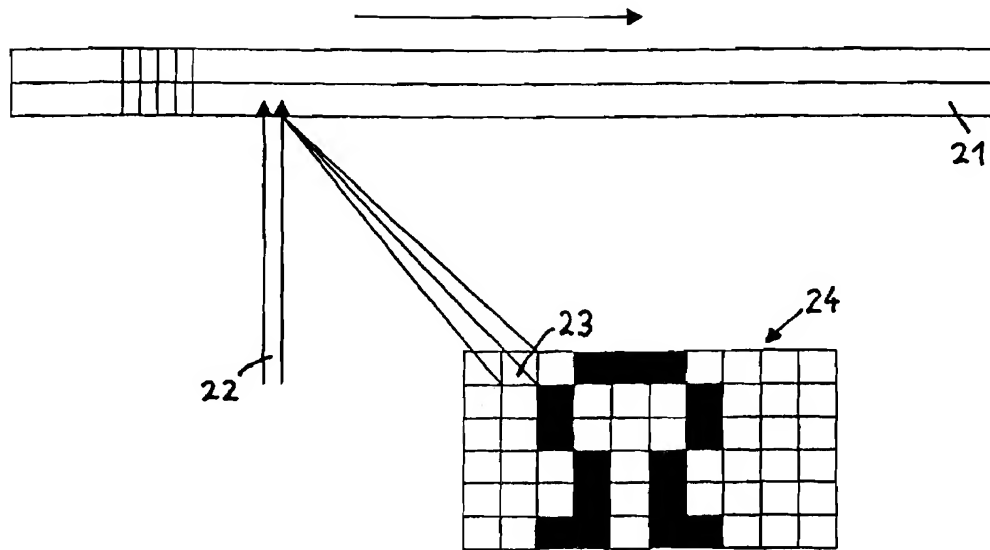


Fig. 4

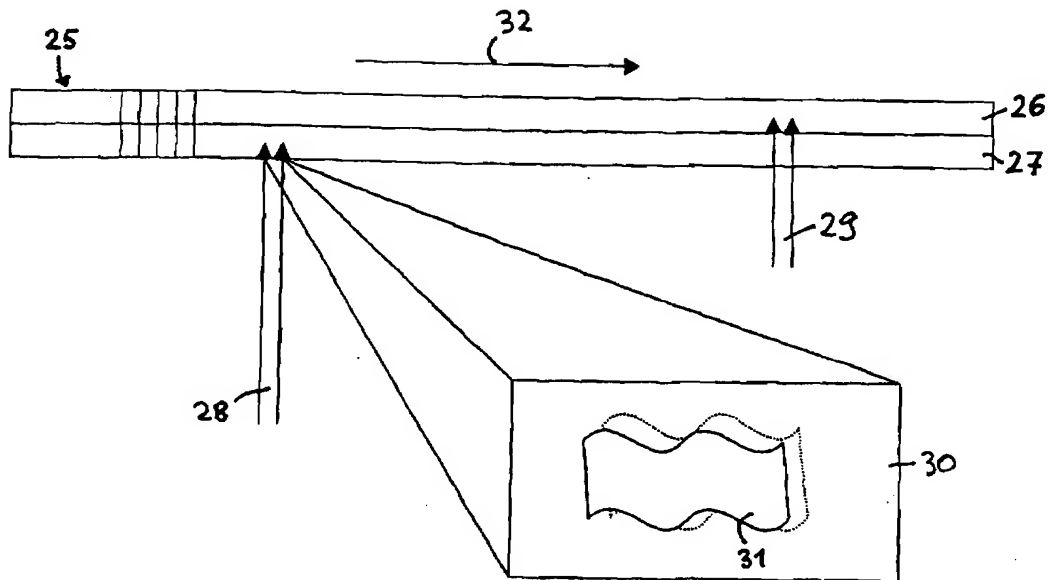


Fig. 5

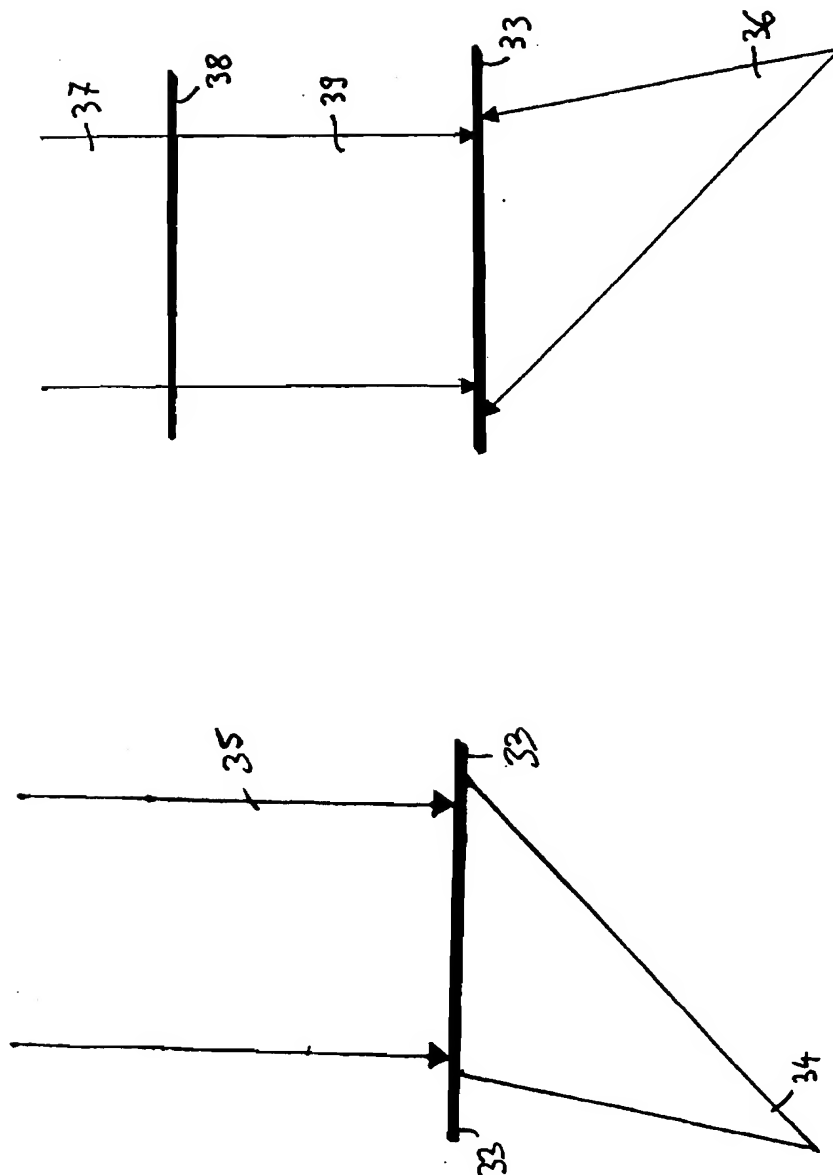


Fig. 6A

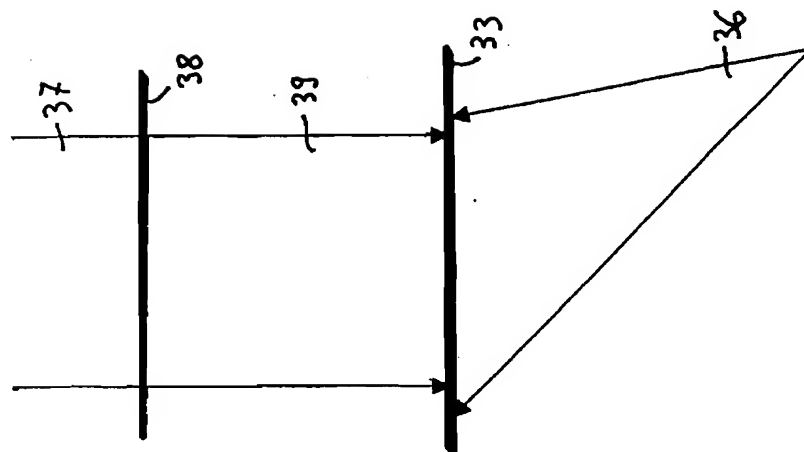


Fig 6B

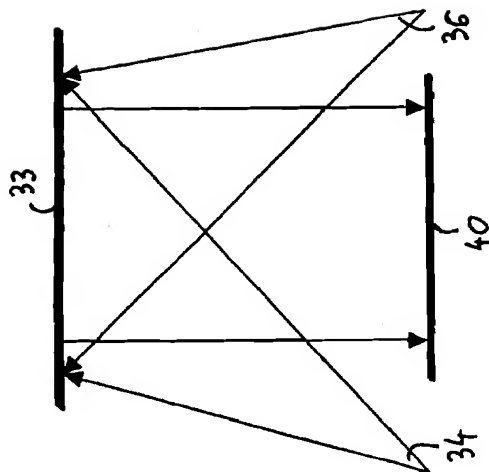
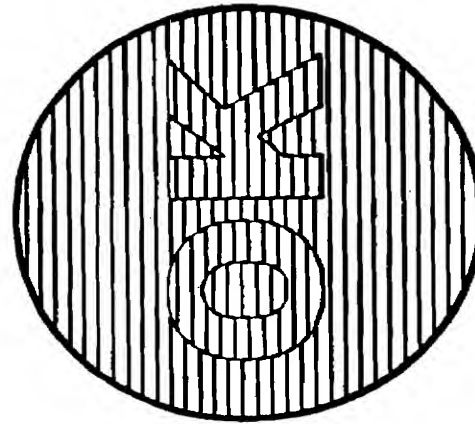
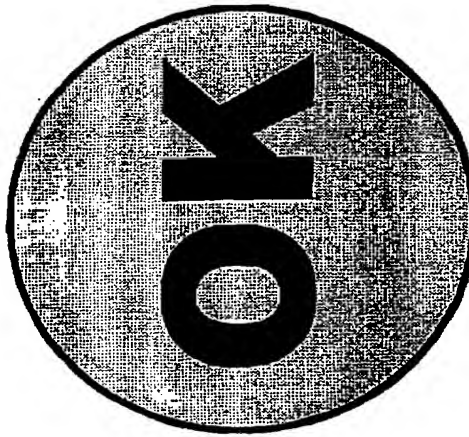


Fig. 7



Mit Tilt

Fig. 8A



Ohne Tilt

Fig. 8B